

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Uso do Computador no Estudo de Paleocorrentes

Clovis Carlos Carraro, Natalio Gamermann

Pesquisas em Geociências, 17 (17): 141-150, jan./abr., 1985.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21695>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 1985.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

USO DE COMPUTADOR NO ESTUDO
DE PALEOCORRENTES

CLOVIS CARLOS CARRARO*
NATALIO GAMERMANN**

SINOPSE

Para o cálculo do vetor médio e da razão de consistência de uma série de medidas vetoriais, foi elaborado um programa em linguagem FORTRAN para uso em computador. Esse método, além de minimizar o tempo gasto nos cálculos estatísticos, evita enganos no tratamento dos dados angulares. Complementa o trabalho um programa similar para uso em minicalculadora segundo o método AOS (Algebraic Operational System) que conduz a resultados idênticos.

ABSTRACT

A FORTRAN program for computer calculation of the vector mean and consistency ratio of a serie of vectorial data is presented. The use of computer enables fast and reliable calculations. A similar program for minicalculator on the Algebraic Operational System (AOS) is added, leading to identical results.

INTRODUÇÃO

Dentre as diversas etapas de um estudo de paleocorrentes, a tarefa mais árdua e passível de enganos é a da adição de dados vetoriais para a obtenção do vetor médio. Os fundamentos matemáticos e os métodos manuais para esses cálculos são encontrados principalmente em Reiche (1938), Krumbein (1939), Chayes (1954), Olson e Potter (1954), Curray (1956), Pincus (1956), Raup e Miescli (1957), Rusnack (1957), Durand e Greenwood (1958), Pelletier (1958), Kahn (1959), Steinmetz (1962) e em Pettijohn (1962).

* Mestre em Sensoriamento Remoto, INPE, /CNPq, Professor Titular do Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências, UFRGS.

**Docteur- Ingénieus, Strasbourg. Professor Adjunto do Departamento de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, UFRGS.

– Trabalho recebido para publicação em 10 de setembro de 1984.

Pesquisas	Porto Alegre	n.17	p.141-150	1985
-----------	--------------	------	-----------	------

No presente trabalho foi elaborado um programa na linguagem FORTRAN para uso em computador, que, além de minimizar consideravelmente o tempo de cálculo do vetor médio e da razão de consistência de uma série de medidas, elimina qualquer possibilidade de engano no tratamento dos dados vetoriais (ver fluxograma).

O trabalho compreende também um programa para minicalculadora no sistema AOS (Algebraic Operational System) para ser usado quando a quantidade de medidas não for expressiva.

MÉTODO DE CÁLCULO

As medidas de atitude de estratos podem ser obtidas sob duas formas (1) direção da camada, referida ao Norte e sentido do mergulho máximo ou (2) azimuth do mergulho máximo, também referido ao Norte. No primeiro caso, a transformação da direção da camada (R) em azimuth do mergulho (Az) é feita adicionando 90º à medida, considerada positiva se R for NE e negativa se R for NW. Adiciona-se ainda 180º se o mergulho for Oeste. Graficamente pode-se expressar o exposto pelo quadro abaixo.

DIREÇÃO	NE	NE	NW	NW
MERGULHO	E	W	E	W
GRÁFICO				
CÁLCULO	$Az = R + 90$	$Az = R + 90 + 180$	$Az = R + 90$	$Az = R + 90 + 180$
EXEMPLO	$R = 30^{\circ}NE\ E$ $Az = 30 + 90$ $Az = 120^{\circ}$	$R = 30^{\circ}NE\ W$ $Az = 30 + 90 + 180$ $Az = 300^{\circ}$	$R = 30^{\circ}NW\ E$ $Az = -30 + 90$ $Az = 60^{\circ}$	$R = 30^{\circ}NW\ W$ $Az = -30 + 90 + 180$ $Az = 240^{\circ}$

No caso de se ter medido no campo o azimuth do mergulho do estrato ou o azimuth de qualquer outra propriedade que possa definir direção de transporte, essas transformações iniciais são dispensáveis.

Quando as camadas apresentarem perturbações que modifiquem as atitudes originais de deposição, os dados devem sofrer correções de atitude antes de serem digitados.

O mergulho é uma grandeza vetorial definida pela orientação em relação ao Norte (Azimute) e pelo módulo, considerado unitário. O vetor médio é dado pela soma vetorial dos azimutes dos mergulhos de propriedade direcional, e pode ser obtido pela expressão:

$$\Theta_R = \arctg \frac{\sum \text{sen } \Theta_i}{\sum \text{cos } \Theta_i} \text{ sendo } i = 1, 2, 3, \dots n$$

e Θ_i o ângulo azimutal da medida “i”. O módulo de vetor médio é obtido pela expressão:

$$R = \sqrt{(\sum \sin \Theta_i)^2 + (\sum \cos \Theta_i)^2}$$

Para efeito de normalização dos resultados, calcula-se a razão de consistência pela expressão:

$$\bar{a} = R/n$$

A razão de consistência pode ser expressa em termos de porcentagem e nesse caso denomina-se “Magnitude do Vetor”. O programa calcula o vetor médio e a razão de consistência para o conjunto de medidas de cada localidade, separadamente, e armazena os dados parciais. Como último passo é calculado o vetor médio resultante do conjunto das localidades e a respectiva razão de consistência.

INSTRUÇÕES AO USUÁRIO

O formato de entrada dos dados de direção e sentido do mergulho de estratos permite a inclusão de 20 medidas simultaneamente, reservando-se um conjunto de quatro dígitos para cada medida. O primeiro dígito do conjunto é reservado para o sinal positivo (opcional) se a direção do estrato for NE, ou negativo (obrigatório) se a direção for NW. Os dois dígitos seguintes são utilizados para o valor numérico da direção, tendo-se o cuidado de preceder de um zero ou de um espaço os valores menores que dez. No quarto dígito coloca-se zero se o sentido do mergulho for E ou a unidade se o sentido for W.

No caso de se ter obtido diretamente o azimuth do mergulho, os três primeiros dígitos do conjunto são reservados para o valor numérico do azimuth do mergulho; os valores menores que 100 deverão ser seguidos de ponto decimal. No quarto dígito aloca-se o algarismo 9 (nove), que irá informar o programa que as medidas são de azimuth do mergulho. O programa permite a utilização simultânea de atitude de estrato e de azimuth do mergulho, desde que seguidas as instruções.

O conjunto de dados direcionais é precedido da informação da quantidade de medidas da localidade, em quatro dígitos, e da identificação da localidade em dezoito dígitos alfanuméricos, ambas na mesma linha. O comando para o cálculo do vetor médio resultante de um conjunto de localidades é o número “9999” seguido da expressão alfanumérica “VETOR RESULTANTE” disposta após o conjunto de dados.

EXEMPLO DE CÁLCULO

Como exemplo de cálculo do vetor médio e da razão de consistência foi selecionado um conjunto de 14 medidas de direção e sentido de mergulho de estratos cruzados, efetuados na localidade identificada como: “4/75-RS 16914”; as medidas são: N10W SW, N60W SW, 90 S, 90 S, 90 S, N20E SE, N45W SW, N30E SE, N70E SE, N60E SE, N60E SE, 0 E, 90 N, N40E SE. A entrada dos dados será

feita em duas linhas:

0014 4/75-RS 16914
-101-6010901090109010200-4510300070006000600000009010400

Na localidade identificada como “1/75-RS 19627” foram medidos 13 azimutes de mergulho máximo: 180º, 140º, 110º, 0º, 175º, 65º, 170º, 90º, 255º, 80º, 180º, 50º e 115º. A entrada desse conjunto será:

0013 11/75-RS 19627
1809140911090009175965.9170990.9255980.9180950.91159

Segue a informação de que o conjunto de dados está encerrado e o comando para o cálculo do vetor resultante:

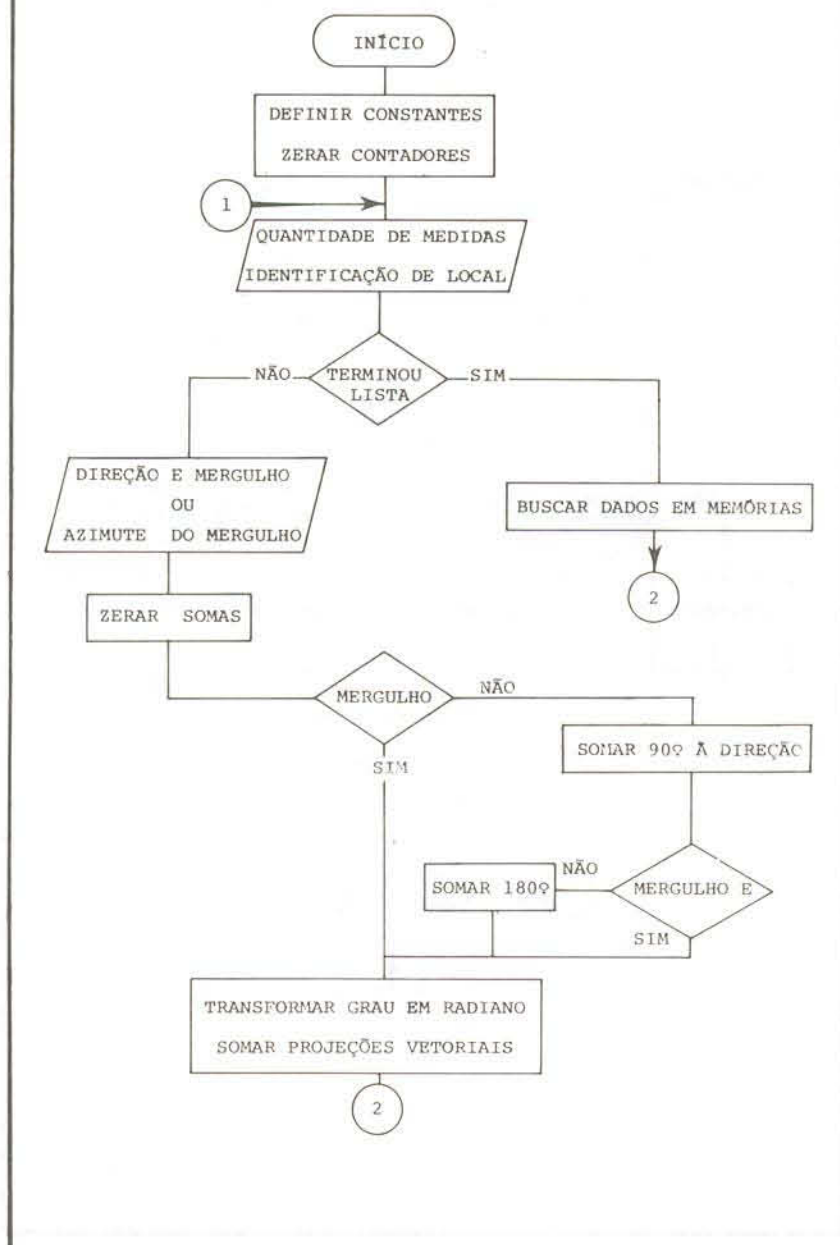
9999 VETOR RESULTANTE

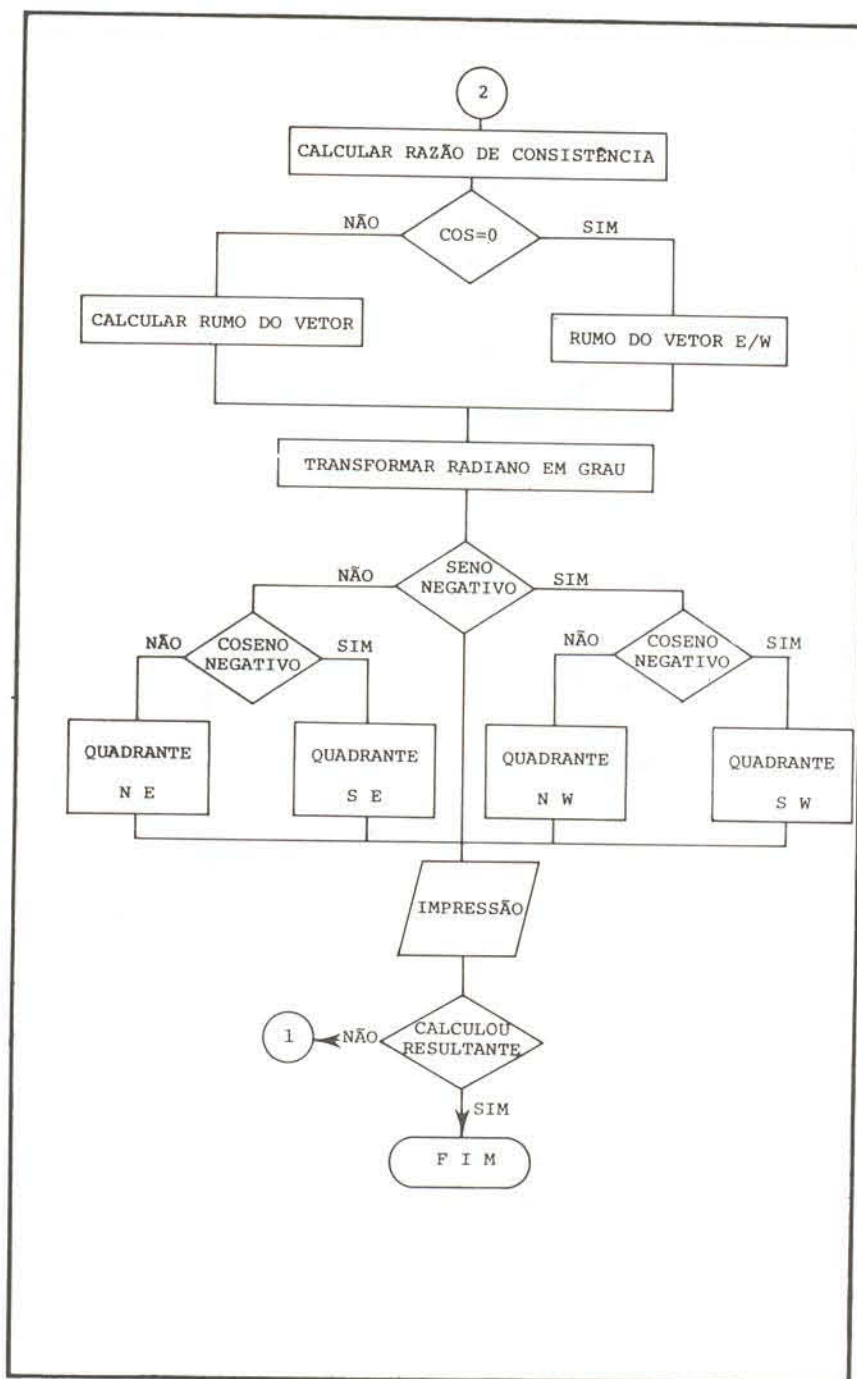
O relatório dos resultados é o seguinte:

DIREÇÃO DE PALEOCORRENTE

AFLORAMENTO	VETOR MÉDIO	RAZÃO	MEDIDAS
4/75-RS 16914	19SE	0,59	14
11/75-RS 19627	57SE	0,49	13
VETOR RESULTANTE	35SE	0,52	27

FLUXOGRAMA





PROGRAMA PARA COMPUTADOR

A seguir apresenta-se a listagem do programa para computador em linguagem FORTRAN.

```
1234567
      DIMENSION DIR (900), AZI (900), MER (900)
      PI= 3.1415926
      K= 0
      ADISENO= 0
      DICOSE= 0
      IFLAG= 0
CCC  IMPRESSÃO DO TÍTULO
      WRITE (6,32)
CCC  LEITURA DE QUANTIDADE DE MEDIDAS E IDENTIFICAÇÃO
      1 READ (5,30) NUMA,A,B,C
      IF (NUMA.EQ.9999) GO TO 13
CCC  LEITURA DE DADOS
      READ (5,31) DIR (I), MER(I), I= 1, NUMA
      2 SENO= 0
      COSE= 0
CCC  CÁLCULO DO AZIMUTE DO MERGULHO
      DO 5 I= 1, NUMA
      IF (MER.EQ.9) GO TO 3
      AZI (I)= DIR (I) + 90
      IF (MER (I).EQ.0) GO TO 4
      AZI(I)= AZI (I) + 180
      GO TO 4
      3 AZI(I)= DIR(I)
      4 AZI(I)= AZI (I) *PI/180
CCC  CÁLCULO DA SOMA DAS PROJEÇÕES E ARMAZENAMENTO
      SENO= SENO+SIN (AZI (I))
      5 COSE= COSE+ COS (AZI (I))
      ADISENO= ADISENO + SENO
      ADICOSE= ADICOSE + COSE
      K= K+ NUMA
CCC  CÁLCULO DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA
      6 RAZÃO= SQRT (SENO **2+COSE **2)/NUMA
CCC  CÁLCULO DO RUMO DO VETOR MÉDIO
```



```

      IF (COSE.EQ.0) GO TO 7
      RUMO= ATAN (SENO/COSE)
      GO TO 8
7  RUMO= PI/2
8  MURO= ABS (RUMO *180/PI) + . 5
CCC  DETERMINAÇÃO DO QUADRANTE DO RUMO DO VETOR MEDIO
      IF (SENO.LT.0) GO TO 10
      IF (COSE.LT.0) GO TO 9
CCC  QUADRANTE NE
      WRITE (6,33) A,B,C,MURO, RAZÃO, NUMA
      GO TO 12
CCC  QUADRANTE SE
      9  WRITE (6,34)A,B,C, MURO, RAZÃO,NUMA
      GO TO 12
      10 IF (COSE.LT.0) GO TO 11
CCC  QUADRANTE NW
      WRITE (6,35)A,B,C,MURO,RAZÃO,NUMA
      GO TO 12
CCC  QUADRANTE SW
      11 WRITE (6,36)A,B,C,MURO,RAZÃO,NUMA
      12 IF (IFLAG.EQ.10) GO TO 14
      GO TO 1
      13 SENO= ADISENO
      COSE= ADICOSE
      NUMA= K
      IFLAG= 10
      GO TO 6
      14 STOP
      30 FORMAT (I4,3A6)
      31 FORMAT (20 (F3.0,I1))
      32 FORMAT (9X,'DIREÇÃO DE PALEOCORRENTE',//,9X,
        'AFLORAMENTO',7X,'VETOR *MÉDIO RAZÃO MEDIDAS')
      33 FORMAT (9X,3A6,I7,'NE',F3.2,I7)
      34 FORMAT (9X,3A6,I7,'SE',F3.2,I7)
      35 FORMAT (9X,3A6,I7,'NW',F3.2,I7)
      36 FORMAT (9X,3A6,I7,'SW',F3.2,I7)
      END

```

PROGRAMA PARA MINICALCULADORA

Foi desenvolvido um programa para minicalculadora no sistema algébrico operacional. O programa compõe-se de quatro rotinas. A rotina “A” aceita os dados de azimuth do mergulho máximo e calcula a soma das projeções dos vetores. A rotina “D” aceita dados de atitude de estratos, calcula o azimuth do mergulho e a soma das projeções dos vetores. O programa permite a utilização simultânea de dados do mergulho e de atitude de estrato desde que seja solicitada a rotina correspondente. A rotina “B” calcula o rumo do vetor médio, o quadrante e a razão de consistência. A rotina “C” integra os dados das localidades consideradas e envia para a rotina “B” que calcula o rumo do vetor médio resultante, quadrante e razão de consistência.

INSTRUÇÕES AO USUÁRIO DE MINICALCULADORA

	ENTRAR	PRESSIONAR	VISOR
I ENTRADA DE DADOS			
1. Azimute de mergulho	Ângulo	A	
2. Sentido do mergulho E	0	STO 00	
Sentido do mergulho W	1	STO 00	
3. Direção do estrato NE	Ângulo	D	
Direção do mergulho NW	Ângulo	+/- D	
:			
* Repetir passos 1 ou 2 e 3 até esgotar o conjunto de medidas do mesmo local.			
II OBTENÇÃO DOS RESULTADOS			
4. Vetor médio		B	Rumo
5. Quadrante do rumo		R/S	1 se NE
			2 se SE
			3 se SW
			4 se NW
6. Quantidade de medidas		R/S	
7. Razão de consistência		R/S	
III OBTENÇÃO DOS RESULTADOS INTEGRADOS DE VÁRIAS LOCALIDADES			
8. Rumo do vetor médio resultante		C	Rumo
9. Quadrante do rumo		R/S	(ver 5)
10. Quantidade de medidas		R/S	
11. Razão de consistência		R/S	

LBL A STO 01 GTO 027 LBL D + 90 = STO 01 RCL 00 EQ 025
 180 SUM 01 RCL 01 SIN SUM 02 SUM 12 RCL 01 COS SUM 03
 SUM 13 1 SUM 10 SUM 11 R/S LBL B RCL 03 INV EQ 058 90
 GTO 068 RCL 02 ÷ RCL 03 = INV TAN INV DMS | X | R/S RCL
 02 GE 092 RCL 03 GE 086 3 STO 05 GTO 106 4 STO 05 GTO
 106 RCL 03 GE 103 2 STO 05 GTC 106 1 STO 05 RCL 05 R/S
 RCL 10 R/S RCL 02 X² + RCL 03 X² = VX ÷ RCL 10 = STO
 04 0 ST) 02 STO 03 STO 10 RCL 04 R/S LBL C RCL 12 STO
 02 RCL 13 STO 03 RCL 11 STO 10 GTO 045

BIBLIOGRAFIA

- CHAYES, F. 1954. Discussion: Effect of change of origin on mean and variance of two-dimensional fabrics. *American Journal of Science*, New York, 252: 567-70.
- CURRAY, J.R. 1956. The analysis of two-dimensional orientation data. *Journal of Geology*, Chicago, III., 64: 2440-56.
- DURAND, David & GRENEWOOD, J.A. 1958. Modification of the Rayleigh test for uniformity in analysis of the two-dimensional orientation data. *Journal of Geology*, Chicago, III., 66: 229-38.
- KAHN, J.S. 1959. Anisotropic sedimentary parameters. *Transactions*, New York Academy of Science, Ser. 2, New York, 21: 373-86.
- KRUMBEIN, W.C. 1939. Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits. *Journal of Geology*, Chicago, III., 17: 673-706.
- OLSON, J.S. & POTTER, P.E. 1954. Variance components of cross-bedding direction in some basal Pennsylvanian sandstones of the Eastern Interior Basin; statistical methods. *Journal of Geology*, Chicago, III., 62: 29-9.
- PELLETIER, B.R. 1958. Pocono paleocurrents in Pennsylvania and Maryland. *Bulletin of the Geological Society of America*, Rochester, N.Y., 69: 1033-64.
- PETTIJOHN, F.J. 1962. Paleocurrents and paleogeography. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, Okla., 46(8): 1468-93.
- PINCUS, H.J. 1956. Some vector and arithmetic operations of two-dimensional orientation variates with applications to geologic data. *Journal of Geology*, Chicago, III., 64: 533-57.
- RAUP, O.B. & MIESCH, A.T. 1957. A new method for obtaining significant average direction measurements in cross-stratification studies. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 27: 313-21.
- REICHE, Parry. 1938. An analysis of cross-lamination: the Coconino sandstone. *Journal of Geology*, Chicago, III., 46: 905-32.
- RUSNAK, G.A. 1957. A fabric and petrologic study of the Pleasantview sandstone. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 27: 41-55.
- STEINMETZ, Richard. 1962. Analysis of vectorial data. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 32: 801-12.